

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. Juli 2004 (01.07.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/054805 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B41F 13/22**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/004098

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. Dezember 2003 (11.12.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 58 927.5 17. Dezember 2002 (17.12.2002) DE  
103 28 234.3 24. Juni 2003 (24.06.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **KOENIG & BAUER AKTIENGESELLSCHAFT**  
[DE/DE]; Friedrich-Koenig-Str. 4, 97080 Würzburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MÜLLER, Klaus,**  
**Georg, Matthias** [DE/DE]; Hainweg 7, 97280 Remlingen  
(DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **KOENIG & BAUER**  
**AKTIENGESELLSCHAFT**; Patente - Lizenzen,  
Friedrich-Koenig-Str. 4, 97080 Würzburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN,  
CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL,  
PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ,  
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF,  
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,  
TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.



**WO 2004/054805 A1**

(54) Title: TEMPERING METHOD, CONTROL DEVICE, AND TEMPERING DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR TEMPERIERUNG, REGELEINRICHTUNG SOWIE VORRICHTUNG ZUR TEMPE-  
RIERUNG

(57) Abstract: Disclosed is a method for tempering a machine part by means of a control device, according to which one respective  
measured value of a temperature is determined at two spaced-apart measurement points that are located along a control distance.  
One of said measured values is fed to two control circuits of the control device, which are connected to each other in a cascade-type  
manner.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Temperierung eines Bauteiles einer Maschine mittels einer Regeleinrichtung  
wird jeweils ein Messwert einer Temperatur an zwei auf einer Regelstrecke angeordneten, voneinander beabstandeten Messstellen  
ermittelt. Jeweils einer der Messwerte wird zwei kaskadenartig miteinander verbundenen Regelkreisen der Regeleinrichtung zuge-  
führt.

10/539555

JC17 Rec'd PCT/PTO 17 JUN 2005

**Beschreibung**

Verfahren zur Temperierung, Regeleinrichtung sowie Vorrichtung zur Temperierung

Die Erfindung betrifft Verfahren zur Temperierung, eine Regeleinrichtung sowie eine Vorrichtung zur Temperierung gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1, 4, 21 bzw. 31.

Durch die DE 44 29 520 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Temperierung eines Bauteils in einer Druckmaschine bekannt, wobei das Bauteil über ein zumindest teilweise umlaufendes Fluid temperiert wird. Ein Stellglied, mittels welchem ein Mischungsverhältnis an einer Einspeisestelle zweier Fluidströme verschiedener Temperatur einstellbar ist, wird über eine zwischen der Einspeisestelle und dem Bauteil angeordnete Temperaturmessstelle gesteuert.

Die EP 0 886 577 B1 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Temperierung eines Bauteils, wobei eine Bauteiltemperatur mittels Sensoren überwacht und der Messwert an eine Steuereinheit gegeben wird. Weicht die am Bauteil gemessene Temperatur von einem Sollwert ab, so senkt bzw. erhöht die Steuereinheit die Temperatur eines Kühlmittels in einer Kühleinheit um einen bestimmten Betrag, wartet einen Zeitraum ab und wiederholt die Messung und die genannten Schritte bis der Sollwert wieder erreicht ist.

Durch die EP 0 382 295 A2 ist eine Temperiereinrichtung für Druckmaschinen offenbart, wobei eine Temperatur des Fluids in einer Zufuhrstrecke und eine Oberflächentemperatur des zu temperierenden Bauteils erfasst und einem Steuergerät zugeführt wird. Anhand dieser Temperaturen sowie ggf. vorgegebener Störgrößen wie z. B. verwendetes Papier, Feuchtmittelanteil und Solltemperaturen wird eine Stellgröße zur Steuerung eines Mischmotors ermittelt, welche das Verhältnis zwischen im Kreislauf geführtem und frisch temperiertem Fluid einstellt.

Die JP 60-161152 A offenbart eine Kühlvorrichtung einer zu temperierenden Walze, wobei eine Oberflächentemperatur der Walze sowie eine Fluidtemperatur im Zuflussweg gemessen und einer Regeleinrichtung zum Vergleich mit einem Sollwert und zur Steuerung eines Ventils zugeführt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Temperierung, eine Regeleinrichtung sowie eine Vorrichtung zur Temperierung zu schaffen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1, 4, 21 bzw. 31 gelöst.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, dass die Regelung auch bei vorliegen größerer Transportstrecken für das Temperiermedium sehr schnell und stabil arbeitet. Die kurze Reaktionszeit ermöglicht den Einsatz in Anwendungen und Prozessen mit hohen dynamischen Anteilen. So ist die vorliegende Temperierung auch dort von großem Vorteil, wo schnelle Änderungen in einem Temperatursollwert nachvollzogen werden müssen und/oder wo sich äußere Bedingungen, wie z. B. Energieeintrag durch Reibung oder Außentemperatur, sehr schnell ändern.

Die schnelle Regelung trotz ggf. langer Transportwege für das Fluid wird einerseits dadurch erreicht, dass einem die Temperatur am Bauteil überwachenden Regelkreis weitere, insbesondere zwei Regelkreise, unterlagert sind. Auch kann in einer vereinfachten Ausführung die direkte Ermittlung der Temperatur des Bauteils unterbleiben und ein die Temperatur am Eintritt in das Bauteil überwachender Regelkreis durch einen weiteren Regelkreis unterlagert werden. Die Regelstrecke vom Ort der Aufbereitung des Temperiermediums (Mischen, Heizen, Kühlen) bis zum Zielort, z. B. dem Bauteil selbst oder dem Eintritt in das Bauteil, ist somit in mehrere Teilstrecken und –laufzeiten

unterteilt.

Von großem Vorteil ist hierbei, dass ein innerster Regelkreis die Temperiemitteltemperatur bei der Aufbereitung (Mischen, Heizen, Kühlen) bereits äußerst ortsnah überwacht und regelt, so dass ein ggf. bei der Aufbereitung auftretender Fehler bereits am Anfang der Transportstrecke detektiert und ausgegeregelt wird, und nicht erst bei Erreichen des Bauteils festgestellt und eine Maßnahme getroffen wird.

Von besonderem Vorteil sind Ausführungen, bei denen eine Vorsteuerung bzgl. des Wärmeflusses (Verluste), bzgl. der Laufzeiten und/oder bzgl. der Maschinendrehzahl erfolgt. Eine weitere Beschleunigung des Regelprozesses ist durch Vorsteuerung bzgl. einer Amplitudenüberhöhung und/oder im Hinblick auf das Einbeziehen der Rücklauftemperatur zu erreichen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung der Temperierstrecke mit erstem Ausführungsbeispiel für die Regeleinrichtung bzw. den Regelprozess;
- Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel für die Regeleinrichtung bzw. den Regelprozess;
- Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel für die Regeleinrichtung bzw. den Regelprozess;
- Fig. 4 ein viertes Ausführungsbeispiel für die Regeleinrichtung bzw. den Regelprozess;
- Fig. 5 eine Weiterbildung der Ausführung gemäß Fig. 1 bis 4 den inneren Regelkreis

betreffend;

Fig. 6 eine Weiterbildung der Ausführung gemäß Fig. 1 bis 4 den äußeren Regelkreis betreffend;

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines laufzeitbasierten Reglers;

Fig. 8 einen detaillierteren Ausschnitt der in Fig. 1 dargestellten Temperierstrecke;

Fig. 9 ein erstes Ausführungsbeispiel für eine Verwirbelungskammer;

Fig. 10 ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Verwirbelungskammer;

Fig. 11 ein drittes Ausführungsbeispiel für eine Verwirbelungskammer.

Ein Bauteil 01 einer Maschine, z. B. einer Druckmaschine, soll temperiert werden. Das Bauteil 01 der Druckmaschine ist z. B. Teil eines nicht dargestellten Druckwerkes, insbesondere eine farbführende Walze 01 eines Druckwerkes. Diese Walze 01 kann als Walze 01 eines Farbwerkes, z. B. als Rasterwalze 01, oder als Zylinder 01 des Druckwerkes, z. B. als Formzylinder 01, ausgeführt sein. Besonders vorteilhaft ist die nachfolgend beschriebene Einrichtung und das Verfahren zur Temperierung zusammen mit einem Druckwerk für den wasserlosen Offsetdruck, d. h. einem Druckwerk ohne den Einsatz von Feuchtmittel, einsetzbar. Im Druckwerk, insbesondere einem Druckwerk für den wasserlosen Offsetdruck, ist die Qualität in der Farbübertragung äußerst stark abhängig von der Temperatur der Farbe und/oder der farbführenden Oberflächen (z. B. Mantelfläche von Walzen 01 oder Zylindern 01). Darüber hinaus ist die Qualität in der Farbübertragung auch noch empfindlich gegenüber einer Spaltgeschwindigkeit, also der Maschinendrehzahl.

Die Temperierung erfolgt über ein Temperiermedium, insbesondere ein Fluid wie z. B. Wasser, welches über eine Temperierstrecke 02 mit dem Bauteil 01 in thermische Wechselwirkung gebracht wird. Soll das Bauteil 01 mit dem Fluid angeströmt werden, so kann das Fluid auch ein Gas oder Gasgemisch, wie z. B. Luft sein. Zur Temperierung wird dem Bauteil 01 in einem ersten Kreislauf 03 das Fluid zugeführt, durchströmt oder umströmt das Bauteil 01, nimmt Wärme auf (kühlen) oder gibt Wärme ab (heizen) und strömt entsprechend erwärmt oder abgekühlt wieder zurück. In diesem ersten Kreislauf 03 kann ein Heiz- oder Kühlaggregat angeordnet sein, welches zur Herstellung der gewünschten Fluidtemperatur dienen kann.

In der vorteilhaften Ausgestaltung nach Fig. 1 steht der erste Kreislauf 03 jedoch als Sekundärkreislauf 03 in Verbindung zu einem zweiten Kreislauf 04, einem Primärkreislauf 04, in welchem das Fluid mit einer definierten und weitgehend konstanten Temperatur  $T_v$ , z. B. Vorlauftemperatur  $T_v$ , umläuft. Eine Temperiereinrichtung, z. B. ein Thermostat, ein Heiz- und/oder Kühlaggregat etc., welches für die Vorlauftemperatur  $T_v$  sorgt, ist hier nicht dargestellt. Über eine Verbindung 05 zwischen Primär- und Sekundärkreislauf 03; 04 kann an einer ersten Verbindungsstelle 06 des Primärkreislaufes 04 über ein Stellglied 07, z. B. ein steuerbares Ventil 07, Fluid aus dem Primärkreislauf 04 entnommen und dem Sekundärkreislauf 03 zudosiert werden. An einer zweiten Verbindungsstelle 08 wird, je nach Zufuhr neuen Fluids an der Verbindungsstelle 06, Fluid vom Sekundärkreislauf 03 an einer Verbindungsstelle 10 über eine Verbindung 15 in den Primärkreislauf 04 zurückgegeben. Hierzu befindet sich beispielsweise das Fluid im Bereich der ersten Verbindungsstelle 06 auf einem höheren Druckniveau als im Bereich der zweiten Verbindungsstelle 08. Eine Differenz  $\Delta p$  im Druckniveau wird z. B. durch ein entsprechende Ventil 09 zwischen den Verbindungsstellen 06; 08 erzeugt.

Das Fluid, bzw. ein Großteil des Fluids, wird durch einen Antrieb 11, beispielsweise durch eine Pumpe 11, eine Turbine 11 oder in sonstiger Weise, auf einer Zuflussstrecke 12, durch das Bauteil 01, einer Rückflussstrecke 13 und einer Teilstrecke 14 zwischen

Zufluss- und Rückflussstrecke 12; 13 im Sekundärkreislauf 03 zirkuliert. Je nach Zufuhr über das Ventil 07 fließt nach Durchlaufen des Bauteils 01 eine entsprechende Menge Fluid über die Verbindung 15 in den Primärkreislauf 04 ab bzw. eine entsprechend verminderte Menge Fluids durch die Teilstrecke 14. Der über die Teilstrecke 14 zurückfließende Teil und der frisch über das Ventil 07 an einer Einspeis- bzw. Einspritzstelle 16 zugeführte Teil vermischen sich und bilden nun das zur Temperierung gezielt temperierte Fluid. Zur Verbesserung der Durchmischung ist in vorteilhafter Ausführung möglichst direkt hinter der Einspritzstelle 16, insbesondere zwischen der Einspritzstelle 16 und der Pumpe 11, eine Verwirbelungsstrecke 17, insbesondere eine Verwirbelungskammer 17, angeordnet.

Im o. g. Fall, dass nicht mittels eines Primärkreislaufs 04, sondern mittels eines Heiz- oder Kühlaggregates temperiert wird, entspricht die Einspeis- bzw. Einspritzstelle 16 dem Ort des Energieaustausches mit dem betreffenden Heiz- oder Kühlaggregat und das Stellglied 07 beispielsweise einer dem Heiz- oder Kühlaggregat zugeordneten Leistungssteuerung o. ä. Die Verbindungsstelle 10 im Kreislauf 03 entfällt, da das Fluid insgesamt im Kreislauf 03 zirkuliert und an der Einspeisestelle 16 Energie zu- oder abgeführt bzw. Wärme oder Kälte „eingespeist“ wird. Das Heiz- oder Kühlaggregat entspricht hierbei z.B. dem Stellglied 07.

Durch die Temperierung soll letztlich eine bestimmte Temperatur  $\theta_3$  des Bauteils 01, insbesondere im Fall einer Walze 01 die Oberflächentemperatur  $\theta_3$  auf der Walze 01 auf einen bestimmten Sollwert  $\theta_{3,soll}$  eingestellt bzw. gehalten werden. Dies erfolgt durch Messung einer aussagekräftigen Temperatur einerseits und ein Regeln der Zufuhr an Fluid aus dem Primär- 04 in den Sekundärkreislauf 03 zur Erzeugung einer entsprechenden Mischtemperatur andererseits.

Wesentlich ist es nun, dass in der vorliegenden Vorrichtung bzw. im vorliegenden Verfahren zwischen der Einspritzstelle 16 und einem Austritt des zu temperierenden

Bauteils 01 mindestens zwei Messstellen M1; M2; M3 mit Sensoren S1; S2; S3 vorgesehen sind, wobei eine der Messstellen M1 nahe der Einspritzstelle 16 und mindestens eine der Messstellen M2; M3 im Bereich des bauteilnahen Endes der Zuflussstrecke 12 und/oder im Bereich des Bauteils 01 selbst angeordnet ist. Das Ventil 07, die Pumpe 11, die Einspritzstelle 16 sowie die Verbindungsstellen 06; 08 sind i. d. R. räumlich nah zueinander, und z. B. in einem strichliert angedeuteten Temperierschrank 18 angeordnet. Zufluss- und Rückflussstrecke 12; 13 zwischen dem Bauteil 01 und dem nicht explizit dargestellten Austritt bzw. Eintritt in den Temperierschrank 18 weisen i. d. R. eine gegenüber den übrigen Wegstrecken vergleichsweise große Länge auf, was in Fig. 1 durch jeweilige Unterbrechungen angedeutet ist. Die Orte für die Messung sind nun so gewählt, dass mindestens je eine Messstelle M1 im Bereich des Temperierschranks 18 und eine Messstelle M2; M3 bauteilnah, also am Ende der langen Zuflussstrecke 12 angeordnet ist.

Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 erfolgt die Messung einer ersten Temperatur  $\theta_1$  zwischen der Einspritzstelle 16 und der Pumpe 11, insbesondere zwischen einer Verwirbelungsstrecke 17 und der Pumpe 11, mittels eines ersten Sensors S1. Eine zweite Temperatur  $\theta_2$  wird mittels eines zweiten Sensors S2 im Bereich des Eintrittes in das Bauteil 01 ermittelt. Die Temperatur  $\theta_3$  wird in Fig. 1 ebenfalls durch Messung ermittelt, und zwar durch einen auf die Oberfläche der Walze 01 gerichteten Infrarot-Sensor (IR-Sensor) S3. Der Sensor S3 kann auch im Bereich der Mantelfläche angeordnet sein oder wie unten erläutert u. U. auch entfallen.

Die Temperierung erfolgt mit Hilfe einer Regeleinrichtung 21 bzw. eines Regelungsprozesses 21, welcher im Folgenden näher beschrieben ist. Der Regeleinrichtung 21 (Fig. 1) liegt eine mehrschleifige, hier dreischleifige Kaskadenregelung zu Grunde. Ein innerster Regelkreis weist den Sensor S1 kurz hinter der Einspritzstelle 16, einen ersten Regler R1 und das Stellglied 07, d.h. das Ventil 07, auf. Der Regler R1 erhält als Eingangsgröße eine Abweichung  $\Delta\theta_1$  des Messwertes  $\theta_1$  von



einem (korrigierten) Sollwert  $\theta_{1,\text{soll},k}$  (Knoten K1) und wirkt entsprechend seines implementierten Regelverhaltens und/oder Regelalgorithmus mit einem Stellbefehl  $\Delta$  auf das Stellglied 07. D. h. je nach Abweichung des Messwertes  $\theta_1$  vom korrigierten Sollwert  $\theta_{1,\text{soll},k}$  öffnet oder schließt er das Ventil 07 oder behält die Stellung bei. Der korrigierte Sollwert  $\theta_{1,\text{soll},k}$  wird nun nicht wie sonst üblich direkt durch eine Steuerung oder manuell vorgegeben, sondern wird unter Verwendung einer Ausgangsgröße mindestens eines zweiten, weiter „außen“ liegenden Regelkreises gebildet. Der zweite Regelkreis weist den Sensor S2 kurz vor dem Eintritt in das Bauteil 01 sowie einen zweiten Regler R2 auf. Der Regler R2 erhält als Eingangsgröße eine Abweichung  $\Delta\theta_2$  des Messwertes  $\theta_2$  am Sensor S2 von einem korrigierten Sollwert  $\theta_{2,\text{soll},k}$  (Knoten K2) und erzeugt an seinem Ausgang entsprechend seines implementierten Regelverhaltens und/oder Regelalgorithmus eine mit der Abweichung  $\Delta\theta_2$  korrelierte Größe  $d\theta_1$  (Ausgangsgröße  $d\theta_1$ ), welche mit zur Bildung des o. g. korrigierten Sollwertes  $\theta_{1,\text{soll},k}$  für den ersten Regler R1 herangezogen wird. D. h. je nach Abweichung des Messwertes  $\theta_2$  vom korrigierten Sollwert  $\theta_{2,\text{soll},k}$  wird über die Größe  $d\theta_1$  Einfluss auf den zu bildenden korrigierten Sollwert  $\theta_{1,\text{soll},k}$  des ersten Reglers R1 genommen.

In einer bevorzugten Ausführung wird der korrigierte Sollwert  $\theta_{1,\text{soll},k}$  für den ersten Regler R1 an einem Knoten K1' (z.B. Addition, Subtraktion) aus der Größe  $d\theta_1$  und einem theoretischen Sollwert  $\theta'_{1,\text{soll}}$  gebildet. Der theoretische Sollwert  $\theta'_{1,\text{soll}}$  wiederum wird in einem Vorsteuerglied bzgl. des Wärmefflusses  $V_{\text{WF}}$  gebildet. Das Vorsteuerglied  $V_{\text{WF}}$ , hier  $V_{1,\text{WF}}$  (Index 1 für die Sollwertbildung des ersten Regelkreises) berücksichtigt den Wärmeaustausch (Verluste etc.) des Fluids auf einer Teilstrecke und basiert auf Erfahrungswerten (Expertenwissen, Eichmessungen etc.). So berücksichtigt das Vorsteuerglied  $V_{1,\text{WF}}$  beispielsweise die Wärme- bzw. Kälteverluste auf der Teilstrecke zwischen den Messstellen M1 und M2, indem es einen entsprechend erhöhten bzw. erniedrigten theoretischen Sollwert  $\theta'_{1,\text{soll}}$  bildet, welcher dann zusammen mit der Größe  $d\theta_1$  zum korrigierten Sollwert  $\theta_{1,\text{soll},k}$  für den ersten Regler R1 verarbeitet wird. Im

Vorsteuerglied  $V_{WF}$  ist ein Zusammenhang zwischen der Eingangsgröße (Sollwert  $\theta_{3,soll}$  bzw.  $\theta'_{2,soll}$  bzw. s.u.  $\theta'_{2,soll,n}$ ) und einer korrigierten Ausgangsgröße (modifizierter Sollwert  $\theta'_{2,soll}$  bzw. s.u.  $\theta'_{2,soll,n}$  bzw.  $\theta'_{1,soll,n}$ ) fest vorgehalten, der vorzugsweise über Parameter oder in sonstiger Weise nach Bedarf änderbar ist.

Prinzipiell ist eine einfache Ausführung der Regeleinrichtung möglich, in welcher lediglich die beiden ersten genannten Regelkreise die Kaskadenregelung bilden. In diesem Fall würde dem Vorsteuerglied  $V_{1,WF}$  als Eingangsgröße von einer Maschinensteuerung oder manuell ein definierter Sollwert  $\theta_{2,soll}$  vorgegeben. Dieser würde auch zur Bildung der o. g. Abweichung  $\Delta\theta_2$  vor dem zweiten Regler R2 herangezogen.

In der in Fig. 1 dargestellten Ausführung weist die Regeleinrichtung 21 jedoch drei kaskadierte Regelkreise auf. Der korrigierte Sollwert  $\theta_{2,soll,k}$  vor dem zweiten Regler R2 wird nun ebenfalls nicht wie sonst üblich direkt durch eine Steuerung oder manuell vorgegeben, sondern wird unter Verwendung einer Ausgangsgröße eines dritten, äußeren Regelkreises gebildet. Der dritte Regelkreis weist den Sensor S3 auf, welcher die Temperatur auf oder im Bereich der Mantelfläche detektiert, sowie einen dritten Regler R3. Der Regler R3 erhält als Eingangsgröße eine Abweichung  $\Delta\theta_3$  des Messwertes  $\theta_3$  am Sensor S3 von einem Sollwert  $\theta_{3,soll}$  (Knoten K3) und erzeugt an seinem Ausgang entsprechend seines implementierten Regelverhaltens und/oder Regelalgorithmus eine mit der Abweichung  $\Delta\theta_3$  korrelierte Größe  $d\theta_2$ , welche mit zur Bildung des o. g. korrigierten Sollwertes  $\theta_{2,soll,k}$  für den zweiten Regler R2 herangezogen wird. D. h. je nach Abweichung des Messwertes  $\theta_3$  vom durch eine Maschinensteuerung oder manuell vorgegebenen Sollwert  $\theta_{3,soll}$  (oder einem korrigierten Sollwert  $\theta''_{3,soll}$ , s. u.) wird über die Größe  $d\theta_2$  Einfluss auf den zu bildenden korrigierten Sollwert  $\theta_{2,soll,k}$  des zweiten Reglers R2 genommen.

Der korrigierte Sollwert  $\theta_{2,soll,k}$  für den zweiten Regler R2 wird an einem Knoten K2' (z.B.

Addition, Subtraktion) aus der Größe  $d\theta_2$  und einem theoretischen Sollwert  $\theta'_{2,\text{soll}}$  (oder  $\theta''_{2,\text{soll}}$  s. u.) gebildet. Der theoretische Sollwert  $\theta'_{2,\text{soll}}$  wird wieder in einem Vorsteuerglied bzgl. des Wärmeflusses  $V_{2,\text{WF}}$  gebildet. Das Vorsteuerglied  $V_{2,\text{WF}}$  berücksichtigt beispielsweise hier die Wärme- bzw. Kälteverluste auf der Teilstrecke zwischen den Messstellen M2 und M3, indem es einen entsprechend erhöhten bzw. erniedrigten theoretischen Sollwert  $\theta'_{2,\text{soll}}$  bildet, welcher dann zusammen mit der Größe  $d\theta_2$  zum korrigierten Sollwert  $\theta_{2,\text{soll,k}}$  für den zweiten Regler R2 verarbeitet wird.

Das beschriebene Verfahren beruht somit zum einen auf der Messung der Temperatur direkt hinter der Einspritzstelle 16 sowie mindestens einer Messung nahe dem zu temperierenden Bauteil 01. Zum zweiten wird eine besonders kurze Reaktionszeit der Regelung dadurch erreicht, dass mehrere Regelkreise kaskadenartig ineinander greifen und bereits bei der Sollwertbildung für den inneren Regelkreis ein näher am Bauteil 01 befindlicher Messwert  $\theta_2$ ;  $\theta_3$  berücksichtigt wird. Zum dritten wird eine besonders kurze Reaktionszeit durch eine Vorsteuerung erreicht, welche Erfahrungswerte für auf der Temperierstrecke 02 zu erwartende Verluste einbringt. Einem näher am Stellglied 07 befindlichen Regelkreis wird somit in Erwartung von Verlusten bereits ein um einen Erfahrungswert entsprechend erhöhter oder erniedrigter Sollwert vorgegeben.

In einer vorteilhaften Ausführung nach Fig. 2 weist die Regeleinrichtung 21 neben dem Vorsteuerglied bzgl. des Wärmeflusses  $V_{1,\text{WF}}$ ;  $V_{2,\text{WF}}$  weitere Vorsteuerungen auf:

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, benötigt das Fluid beispielsweise für die Strecke vom Ventil 07 bis zum Sensor S2 eine endliche Laufzeit  $T_{L2}$ . Darüber hinaus ändert sich beim Stellen des Stellgliedes 07 die jeweilige Mischtemperatur nicht augenblicklich auf den gewünschten Wert (z.B. Trägheit des Ventils, Aufwärmung bzw. Abkühlung der Rohrwandungen und Pumpe), sondern unterliegt einer Zeitkonstanten  $T_{e2}$ . Wird dies wie in der Ausführung nach Fig. 1 nicht berücksichtigt, so kann es zu stärkeren Überschwingern bei der Steuerung kommen, da beispielsweise ein Befehl zur Öffnung

des Ventils 07 erfolgt ist, das Ergebnis dieser Öffnung, nämlich entsprechend wärmeres oder kälteres Fluid, jedoch noch nicht am Messort der Messstelle M2 angekommen sein kann, der entsprechende Regelkreis darauf hin jedoch fälschlicherweise weitere Stellbefehle zur Öffnung ausgibt. Ebenso verhält es sich mit der Strecke vom Ventil 07 bis zur Detektion der Temperatur durch den Sensor S3 mit der Laufzeit  $T'_{L3}$  und einer Zeitkonstanten  $T'_{e3}$ , wobei hierbei das gestrichene Bezugszeichen zum Ausdruck bringt, dass es sich hierbei nicht um die Zeit bis zur Detektion der Fluidtemperatur im Bereich des Walzenmantels handeln muss, sondern um die Zeit bis zur Detektion der Temperatur der Walzenoberfläche bzw. des Walzenmantels.

Aufgrund der Totzeit (entspricht Laufzeit  $T_{L2}$  bzw.  $T'_{L3}$ ) und der Zeitkonstanten  $T_{e2}$  bzw.  $T'_{e3}$  werden die Streckenreaktionen auf die Aktivitäten des innersten Reglers R1 hin auf der Ebene der beiden äußeren Regler R2; R3 zunächst nicht sichtbar. Um eine dadurch bedingte Doppel-Reaktion dieser Regler, welche übertrieben falsch und nicht rückholbar wäre, zu vermeiden bzw. zu verhindern, ist bei der Bildung des Sollwertes in einem oder mehreren der Regelkreise ein Vorsteuerglied bzgl. der Laufzeit und/oder der Zeitkonstanten  $V_{LZ}$  als Streckenmodellglied vorgesehen, mittels welchem die zu erwartende natürliche „Verzögerung“ im Ergebnis einer Änderung am Stellglied 07 berücksichtigt wird. Mittels des Vorsteuergliedes bzgl. der Laufzeit und/oder der Zeitkonstanten  $V_{LZ}$  wird die tatsächlich durch das Fluid benötigte Laufzeit (anhand von Erfahrungswerten oder vorzugsweise durch Messwertaufzeichnung oder durch rechnerische Abschätzung ermittelt) in der Regelung simuliert. Die äußeren Regler R2; R3 reagieren nun nur noch auf diejenigen Abweichungen, die unter Berücksichtigung der modellierten Streckeneigenschaften nicht zu erwarten und somit tatsächlich korrekturbedürftig sind. Gegenüber den ohnehin zu erwartenden Regelabweichungen, die physikalisch unvermeidbar sind und um die sich der innerste Regler R1 bereits „lokal“ kümmert, werden die äußeren Regler R2; R3 durch diese Symmetrierung „blind“ gemacht. Das „Vorsteuerglied“  $V_{LZ}$  wirkt so in der Art eines „Laufzeit- und Verzögerungsgliedes“  $V_{LZ}$ . Im Vorsteuerglied  $V_{LZ}$  ist die genannte dynamische Eigenschaft (Laufzeit und

Verzögerung) abgebildet und fest vorgehalten, aber vorzugsweise über Parameter oder in sonstiger Weise nach Bedarf änderbar. Hierzu sind entsprechende Parameter  $T_{L2}; T_{e2}; T_{L3}; T_{e3}$ , die z.B. die reale Laufzeit  $T_{L2}$  bzw.  $T_{L3}$  und/oder die Ersatzzeitkonstante  $T_{e2}$  bzw.  $T_{e3}$  nachbilden und repräsentieren sollen, am Vorsteuerglied  $V_{LZ}$  einstellbar. Die Einstellung soll so erfolgen, dass hiermit ein rechnerisch erzeugter virtueller dynamischer Sollwertverlauf, beispielsweise Sollwert  $\theta''_{2,soll}$  bzw.  $\theta''_{3,soll}$ , im wesentlichen zeitlich synchron mit dem entsprechenden Verlauf des Messwertes  $\theta_2$  bzw.  $\theta_3$  für die Temperatur am zugeordneten Sensor S2 bzw. S3 am Knoten K2 bzw. K3 verglichen wird.

Für den äußeren Regelkreis entspricht der virtuelle, veränderte Sollwert  $\theta''_{3,soll}$  dem mit dem Messwert zu vergleichenden Sollwert  $\theta_{3,soll,k}$ , da er nicht durch einen weiteren Regelkreis korrigiert wird. Daneben ist im Ausführungsbeispiel kein Vorsteuerglied  $V_{LZ}$  für den innersten Regelkreis vorgesehen (sehr kurze Wege bzw. Laufzeit). In Vereinheitlichung der Nomenklatur stellt hier der Sollwert  $\theta'_{3,soll}$  ohne weitere Veränderung somit den Sollwert  $\theta''_{3,soll}$  dar.

Ein derartiges das Streckenmodell repräsentierende Vorsteuerglied  $V_{LZ}$  ist zumindest für die Sollwertbildung des Regelkreises bzw. der Regelkreise vorgesehen, welche dem bauteilnahen Sensor S2 bzw. den bauteilnahen Sensoren S2; S3 zugeordnet sind. Im Beispiel weisen die beiden äußeren Regelkreise in ihrer Sollwertbildung ein derartiges Vorsteuerglied  $V_{LZ,2}; V_{LZ,3}$  auf. Sollte sich auch die Wegstrecke zwischen dem Ventil 07 und dem Sensor S1 als zu groß und störend herausstellen, so ist es auch möglich, ein entsprechendes Vorsteuerglied  $V_{LZ,1}$  bei der Sollwertbildung für den inneren Regelkreis vorzusehen.

Eine weitere Verbesserung der Regeldynamik lässt sich in Weiterbildung der genannten Regeleinrichtung gemäß Fig. 3 erreichen, wenn die Umsetzung des gewünschten Sollwertverlaufs auf der Ebene des innersten Regelkreises durch ein Vorhalteglied  $V_{VH,i}$  in Form eines Zeitkonstantentauschers z.B. 1.Ordnung (Lead-Lag-Filter) schneller und

schleppabstandsärmer gemacht wird. Diese Vorsteuerung in Form des Vorhaltegliedes  $V_{VH}$  bewirkt zunächst eine Amplitudenüberhöhung (Überkompensation) in der Reaktion, um den Regelprozess in einer jeweiligen Anfangsphase zu beschleunigen, und kehrt dann zur Neutralität zurück.

Um jegliche Stabilitätsprobleme auszuschließen, erfolgt diese Maßnahme bevorzugt nur in dem nicht durch Istwerte beeinflussten Sollwertanteil, d.h. vor dem jeweiligen Knoten  $K1'$ ;  $K2'$  (Addier- bzw. Subtrahierpunkt etc. je nach Vorzeichen). Um die Symmetrierung bei den äußeren Reglern  $R2$ ;  $R3$  aufrechtzuerhalten, muss diese dynamische Maßnahme dort dann auch durch entsprechende Vorhalteglieder  $V_{VH,2}$  bzw.  $V_{VH,3}$  ausgeglichen werden, die zusätzlich zu den genannten Vorsteuerungen  $V_{WF}$  bezüglich des Wärmeflusses und  $V_{LZ}$  bzgl. der Laufzeit und/oder der Zeitkonstanten bei der Sollwertbildung des folgenden Regelkreises wirken.

Im Vorsteuerglied  $V_{VH,i}$  ist die Verlaufseigenschaft der genannten Überhöhung (relativ zum Eingangssignal) abgebildet und fest vorgehalten, aber in Höhe und Verlauf vorzugsweise über Parameter oder in sonstiger Weise nach Bedarf änderbar. Entsprechend der physikalischen Reihenfolge ist das Vorhalteglied  $V_{VH,i}$  bzgl. des Signalweges bevorzugt vor dem Vorsteuerglied  $V_{LZ}$  (falls vorhanden) und nach dem Vorsteuerglied  $V_{WF}$  (falls vorhanden) angeordnet. Das Vorsteuerglied  $V_{VH}$  ist auch in einer der Ausführungen nach Fig. 1 bis 4 unabhängig vom Vorhandensein der Vorsteuerglieder  $V_{LZ}$ ,  $V_{DZ}$ , oder  $V_{AB}$  (s.u.) oder zusätzlich einsetzbar.

Eine weitere Verbesserung der Regeldynamik lässt sich in Weiterbildung der Regeleinrichtungen nach Fig. 1, 2 oder 3 erreichen, wenn zusätzlich zu den genannten Vorsteuerungen  $V_{WF}$  bezüglich des Wärmeflusses, bzgl. der Laufzeit und/oder der Zeitkonstanten  $V_{LZ}$  und/oder dem Vorhalteglied  $V_{VH}$  eine Vorsteuerung bezüglich der Maschinendrehzahl  $V_{DZ}$  erfolgt (Fig. 4). In Abhängigkeit von einer Maschinendrehzahl  $n$  wird in einem Druckwerk mehr oder weniger starke Reibungswärme produziert. Soll der

Massenstrom des Fluids im wesentlichen konstant gehalten werden, so lässt sich eine erhöhte Reibungswärme lediglich über Absenkung der Fluidtemperatur erzielen und umgekehrt. Die oben beschriebene Regeleinrichtung würde zweifelsohne im Laufe der Zeit auf die Änderung in der Reibungswärme durch Absenkung bzw. Erhöhung der Fluidtemperatur reagieren, jedoch erst, wenn die Temperatur am Sensor S3 die unerwünschte Temperatur anzeigt.

Um die Dynamik der Regeleinrichtung 21, insbesondere bei wechselnden Betriebsbedingungen (Anlaufphase, Drehzahlwechsel etc.), weiter zu erhöhen, ist das Vorsteuerglied bzgl. der Drehzahl  $V_{DZ}$  vorgesehen, welches grundsätzlich sämtlichen unterlagerten Sollwertbildungen, die somit Stellgrößencharakter haben, d. h. der Bildung der Sollwerte  $\theta''_{1,soll}$ ;  $\theta''_{2,soll}$ ;  $\theta''_{3,soll}$ , überlagert sein kann. Die Überlagerung des äußeren Regelkreises macht jedoch keinen Sinn, solange der Messwert des Sensors S3 den technologisch letztgültigen Istwert (z.B. die Temperatur der wirksamen Fläche, d. h. der Mantelfläche selbst) darstellt. Daher wirkt im Ausführungsbeispiel das Vorsteuerglied  $V_{DZ}$  lediglich auf die Bildung der Sollwerte  $\theta''_{1,soll}$  und  $\theta''_{2,soll}$ , und zwar indem ein Korrekturwert  $d\theta_n$  dem durch das dem zweiten Regelkreis vorgelagerte Vorsteuerglied  $V_{2,WF}$  erzeugten theoretischen Sollwert  $\theta'_{2,soll}$  überlagert wird. Der hieraus entstandene Sollwert  $\theta'_{2,soll,n}$  wird direkt oder über entsprechende Vorsteuerglieder  $V_{VH,i}$  und/oder  $V_{LZ,i}$  zur Sollwertbildung des zweiten Regelkreises (R2) und gleichzeitig über das Vorsteuerglied  $V_{WF,i}$  und ggf. das Vorsteuerglied  $V_{VH,i}$  zur Sollwertbildung des ersten Regelkreises (R1) herangezogen. Im Vorsteuerglied  $V_{DZ}$  ist ein Zusammenhang zwischen der Maschinendrehzahl  $n$  und einer geeigneten Korrektur fest vorgehalten, der vorzugsweise über Parameter oder in sonstiger Weise nach Bedarf änderbar ist. Das Vorsteuerglied  $V_{DZ}$  ist auch in einer der Ausführungen nach Fig. 1 bis 4 unabhängig vom Vorhandensein der Vorsteuerglieder  $V_{LZ}$ ,  $V_{VH}$ , (s.u.) oder  $V_{AB}$  (s.u.) oder zusätzlich einsetzbar.

Misst der Sensor S3 jedoch nicht die Mantelfläche, sondern eine weiter im Innen des Bauteils liegende Temperatur (die technologisch nicht die letztgültige Temperatur ist), so

kann es auch sinnvoll sein, das Vorsteuerglied  $V_{DZ}$  auch auf den äußeren Regelkreis (R3) wirken zu lassen. Gleiches gilt für einen äußeren Regelkreis, der den Messwert nicht direkt vom Bauteil 01, sondern aus einem nach Durchfluss des Bauteils 01 angeordneten Sensor S4; S5 (siehe Fig. 1 und 5), u. U. verknüpft mit dem Messwert aus S2, bezieht.

In Fig. 4 ist in Weiterbildung unmittelbar vor dem Knoten K1 zur Bildung des korrigierten Sollwertes  $\theta_{1,soll,k}$  ein weiteres Vorsteuerglied  $V_{AB}$  als dynamisches Modellglied, z. B. ein Anstiegsbegrenzer  $V_{AB}$ , insbesondere nichtlinear, vorgesehen. Dieser empfindet die endliche Stellzeit (ungleich Null) und die reale Begrenztheit des Stellgliedes 07 im Hinblick auf seinen maximalen Stellweg nach, d. h. auch bei Anforderung einer sehr starken Änderung kann nur eine begrenzte Öffnung des Ventils 07 und damit eine begrenzte Menge an temperiertem Fluid aus dem Primärkreislauf 04 zugeführt werden. Im Vorsteuerglied  $V_{AB}$  ist die genannte Anstiegsbegrenzung (Ventileigenschaft) abgebildet und fest vorgehalten, aber vorzugsweise über Parameter oder in sonstiger Weise nach Bedarf änderbar. Das Vorsteuerglied  $V_{AB}$  ist auch in einer der Ausführungen nach Fig. 1 bis 3 unabhängig vom Vorhandensein der Vorsteuerglieder  $V_{LZ,i}$ ,  $V_{VH,i}$ , oder  $V_{DZ}$  oder zusätzlich einsetzbar.

Fig. 5 zeigt eine Weiterbildung der bisherigen Ausführungen des ersten Regelkreises, unabhängig davon, ob nach Ausführungen gemäß Fig. 1, 2, 3 oder 4. Ein Messwert  $\theta_5$  eines Sensors S5 wird nahe der oder im Bereich der Teilstrecke 14, d. h. in kurzem Abstand zum Einspritzpunkt 16 erfasst und zusätzlich zur Regelung im innersten Regelkreis herangezogen. Hierzu wird der Messwert  $\theta_5$  als Eingangswert in ein weiteres Vorsteuerglied  $V_{NU}$  zur dynamischen Nullpunktunterdrückung geführt. Der Messwert  $\theta_5$  gibt Information darüber, mit welcher Temperatur das rücklaufende Fluid für die bevorstehende Mischung mit eingespeistem, Kühl- oder Heizfluid zur Verfügung stehen wird. Ändert sich der Messwert plötzlich stark, beispielsweise die Temperatur fällt stark ab, so wird durch das Vorsteuerglied  $V_{NU}$  ein entsprechend entgegengesetztes Signal  $\sigma$ , beispielsweise eine starke Erhöhung der Öffnung am Ventil 07, erzeugt und dem Regler



R1 zugeführt. Das Vorsteuerglied  $V_{NU}$  bewirkt somit ein Entgegensteuern einer am Sensor S1 in kürze zu erwartenden Änderung, noch bevor diese dort eingetreten ist. Durch diese Störgrößenaufschaltung wird diese Änderung dann im Idealfall dort gar nicht mehr eintreten.

Der Funktionsverlauf und die Verstärkung des Vorsteuerglied  $V_{NU}$  für diese Rücklauftemperatur-Vorsteuerung sind fest vorgehalten und über Parameter vorzugsweise veränderbar.

Fig. 6 zeigt eine Weiterbildung der bisherigen Ausführungen des äußeren Regelkreises, unabhängig davon, ob nach Ausführungen gemäß Fig. 1, 2, 3 oder 4. Im Unterschied zu den bisherigen Ausführungen wird für den äußeren Regelkreis des Reglers R3 nicht ein Messwert  $\theta_3$  eines die Bauteiloberfläche detektierenden, oder in der Mantelfläche befindlichen Sensors S3, sondern die Messwerte  $\theta_2$  und  $\theta_4$  bauteilnaher Sensoren S2 und S4 in Zufluss- und Rückflusstrecke 12; 13 verwendet. Diese werden zusammen mit einem Drehzahlsignal  $n$  in einer logischen Einheit L bzw. in einem logischen Prozess L anhand eines fest hinterlegten, aber vorzugsweise veränderbaren Algorithmus zu einem Ersatzmesswert  $\bar{\theta}_3$ , z.B. der Ersatztemperatur  $\bar{\theta}_3$  des Bauteils 01 (bzw. dessen Oberfläche) verarbeitet. Dieser Ersatzmesswert  $\bar{\theta}_3$  wird als Messwert bzw. Temperatur  $\bar{\theta}_3$  anstelle des Messwertes  $\theta_3$  entsprechend der vorgenannten Ausführungsbeispiele ab dem Knoten K3 weitergeführt.

Die Regler R1 ; R2; R3 aus den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 1 bis 4 sind in einer einfachen Ausführung als PI-Regler R1; R2; R3 ausgeführt.

In vorteilhafter Ausführung sind jedoch zumindest die Regler R2 und R3 als sog. „Laufzeitbasierte Regler“ bzw. „Smith-Regler“ ausgeführt. Die Laufzeitbasierten Regler R2 und R3, insbesondere Laufzeitbasierte PI-Regler R2 und R3, sind in Fig. 7 als Ersatzschaltbild dargestellt und parametrisiert. Der Regler R2; R3 weist als Eingangsgröße

die Abweichung  $\Delta\theta_2$ ;  $\Delta\theta_3$  auf. Er ist als PI-Regler mit einem parametrierbaren Verstärkungsfaktor  $V_R$  ausgebildet, dessen Ausgangssignal über ein Ersatzzeitkonstantenglied  $G_{ZK}$  und ein Laufzeitglied  $G_{LZ}$  (bzw. wie bei dem Vorsteuerglied  $V_{LZ}$  dargestellt als ein Glied) rückgekoppelt wird.

Im Laufzeitbasierten PI-Regler R2; R3 ist die Lauf- bzw. Totzeit der Regelstrecke sowie deren Zeitkonstante abgebildet und fest vorgehalten, aber vorzugsweise über Parameter oder in sonstiger Weise nach Bedarf änderbar. Hierzu sind entsprechende Parameter  $T''_{L2}; T''_{e2}; T''_{L3}; T''_{e3}$ , die z.B. die reale Laufzeit  $T_{L2}$  bzw.  $T_{L3}$  und/oder die Zeitkonstante  $T_{e2}$  bzw.  $T_{e3}$  repräsentieren sollen, am Laufzeitbasierten PI-Regler R2 und R3 einstellbar. Die Werte der Parameter  $T''_{L2}; T''_{e2}; T''_{L3}; T''_{e3}$  und die Werten der Parameter  $T_{L2}; T_{e2}; T_{L3}; T_{e3}$  aus den Vorsteuergliedern  $V_{LZ,i}$  bzgl. der Laufzeit und Zeitkonstante sollten bei korrekter Einstellung und Wiedergabe der Regelstrecke im wesentlichen übereinstimmen, da sowohl im Regler R2; R3 sowie im Vorsteuerglied  $V_{LZ}$  die entsprechende Regelstrecke hierdurch beschrieben wird. Somit können, sollten in der Regeleinrichtung sowohl Laufzeitbasierte PI-Regler R2 und R3 als auch Vorsteuerglieder  $V_{LZ,i}$  verwendet werden, die selben einmal ermittelten Parametersätze für beides verwendet werden.

Einen Ausschnitt der schematisch in Fig. 1 dargestellten Temperierstrecke in einer vorteilhaften konkreten Ausführung zeigt Fig. 8. Die Zuflussstrecke 12 von der Einspritzstelle 16 bis zu einem Zielort 22, d.h. dem Ort, dessen Umgebung bzw. Oberfläche gekühlt werden soll, ist in Fig. 8 in drei Abschnitten 12.1; 12.2; 12.3 dargestellt.

Der erste Abschnitt 12.1 reicht von der Einspritzstelle 16 bis zur ersten Messstelle M1 mit dem ersten Sensor S1 und weist eine erste Wegstrecke  $X1$  sowie eine erste mittlere Laufzeit  $T_{L1}$  auf. Der zweite Abschnitt 12.2 reicht von der ersten Messstelle M1 bis zu einer „bauteilnahen“ Messstelle M2 mit dem Sensor S2. Er weist eine zweite Wegstrecke

X2 sowie eine zweite mittlere Laufzeit  $T_{L2}$  auf. Der dritte Abschnitt 12.3 mit einer dritten Wegstrecke X3 sowie einer dritten mittleren Laufzeit  $T_{L3}$  für das Fluid schließt sich an die zweite Messstelle M2 an und reicht bis zum Zielort 22 (hier der Erstkontakt des Fluids im Bereich der ausgedehnten Mantelfläche). Eine Gesamtlaufzeit T des Fluids von der Einspritzstelle 16 bis zum Zielort ergibt sich somit zu  $T_{L1} + T_{L2} + T_{L3}$ .

Die erste Messstelle M1 ist „einspeisestellennah“, d.h. in geringem Abstand zur Einspeisestelle 16, hier der Einspritzstelle 16, gewählt. Unter einspeisestellennaher Messstelle M1 bzw. stellmittelnahem Sensor S1 wird hier daher ein Ort im Bereich der Zuflussstrecke 12 verstanden, welcher bzgl. der Laufzeit des Fluids  $T_L$  weniger als auf einem zehntel, insbesondere als einem zwanzigstel, der Strecke von der Einspeisestelle 16 bis zur Erstberührung des Zielortes 22 (hier der Erstkontakt des Fluids im Bereich der ausgedehnten Mantelfläche) liegt, d.h. es gilt  $T_{L1} < 0,1 T$ , insbesondere  $T_{L1} < 0,05 T$ . Für eine hohe Regeldynamik liegt die Messstelle M1 bezüglich der Laufzeit des Fluids  $T_{L1}$  maximal 2 Sekunden, insbesondere maximal 1 Sekunde, von der Einspritzstelle 16 entfernt. Wie bereits zu Fig. 1 genannt, befinden sich Einspritzstelle 16, Sensor S1 sowie die nachfolgende Pumpe 11 in einem Temperierschrank 18, welcher eine bauliche Einheit der beinhalteten Aggregate bildet. Die Messstelle M1 liegt bevorzugt vor der Pumpe 11. Über lösbare Verbindungen 23; 24 in der Zuflussstrecke 12 sowie der Rückflussstrecke 13 ist der Temperierschrank 18 mit dem Bauteil 01 verbindbar.

In der Regel sind Bauteil 01 und Temperierschrank 18 nicht direkt zueinander benachbart in der Maschine angeordnet, so dass eine Leitung 26, z. B. eine Verrohrung 26 oder ein Schlauch 26, vom Temperierschrank 18 zu einem Eintritt 27 in das Bauteil 01, z.B. zu einer Durchführung 27, insbesondere Drehdurchführung 27, eine entsprechend große Länge aufweist. Die Durchführung in die Walze 01 bzw. den Zylinder 01 ist in Fig. 8 lediglich schematisch dargestellt. Weist die Walze 01 bzw. der Zylinder 01 wie üblich stirnseitig einen Zapfen auf, so erfolgt die Durchführung durch den Zapfen. Auch der Weg des Fluids zur Mantelfläche sowie im Bauteil 01 entlang der Mantelfläche ist nur

symbolisch dargestellt und kann in bekannter Weise, z. B. in axialen oder spiralenförmigen Kanälen, in ausgedehnten Hohlräumen, in einem Kreisringquerschnitt, oder in anderen geeigneten Weisen unterhalb der Mantelfläche verlaufen. Die zweite Messstelle M2 ist „bauteilnah“, d.h. in geringem Abstand zum Bauteil 01 bzw. zum Zielort 22, hier der Mantelfläche, gewählt. Unter bauteilnaher zweiter Messstelle M2 bzw. bauteilnahe zweitem Sensor S2 wird hier daher ein Ort im Bereich der Zuflussstrecke 12 verstanden, welcher bzgl. der Laufzeit des Fluids weiter entfernt als auf halber Strecke von der Einspritzstelle 16 bis zur Erstberührung des Zielortes 22 (hier der Erstkontakt des Fluids im Bereich der ausgedehnten Mantelfläche) liegt. Es gilt  $T_{L2} > 0,5 T$ . Um eine hohe Dynamik der Regelung bei gleichzeitig geringem baulichen Aufwand bei rotierenden Bauteilen 01 zu erhalten, ist die zweite Messstelle M2 im Bereich der Leitung 26 ortsfest noch außerhalb des rotierenden Bauteils 01 angeordnet, und liegt jedoch unmittelbar, d.h. bezüglich der Laufzeit des Fluids maximal 3 Sekunden vom Eintritt 27 in das Bauteil 01 entfernt.

Die dritte Messstelle M3, falls vorhanden, ist ebenfalls zumindest „bauteilnah“, insbesondere jedoch „zielortnah“ angeordnet. D.h. sie befindet sich in unmittelbarer Umgebung zum Zielort 22 des Fluids oder detektiert direkt die zu temperierende Oberfläche (hier Mantelfläche der Walze 01). In vorteilhafter Ausführung detektiert die Messstelle M3 nicht die Fluidtemperatur, wie z.B. im Fall der Messstellen M1 und M2, sondern den zu temperierenden Bereich des Bauteils 01 selbst. Unter unmittelbarer Umgebung zum Zielort 22 wird hier verstanden, dass sich der Sensor S3 zwischen im Bauteil 01 zirkulierendem Fluid und der Mantelfläche befindet oder aber berührungslos die Temperatur  $\theta_3$  auf der Mantelfläche detektiert.

In einer anderen Ausführung der Temperiervorrichtung kann auf die Messstelle S3 verzichtet werden. Rückschlüsse auf die Temperatur  $\theta_3$  können aus Erfahrungswerten durch die Messwerte der Messstelle M2, beispielsweise anhand eines hinterlegten Zusammenhanges, eines Offset, eines funktionellen Zusammenhanges, gewonnen

werden. Für eine gewünschte Temperatur  $\theta_3$  wird dann z.B. unter Berücksichtigung der Maschinen- bzw. Produktionsparameter (u.a. Maschinendrehzahl, Umgebungstemperatur und/oder Fluiddurchsatz, (Rakel-)Reibungskoeffizient, Wärmedurchgangswiderstand) auf eine gewünschte Temperatur  $\theta_2$  als Sollwert geregelt.

In einer weiteren Ausführung wird wieder auf die Messstelle 3 verzichtet, Rückschlüsse auf die Temperatur  $\theta_3$  werden jedoch aus Erfahrungswerten über die Messwerte der Messstelle M2 und der Messstelle M4, beispielsweise wieder anhand eines hinterlegten Zusammenhanges, eines Offset, eines funktionellen Zusammenhanges und/oder durch Mittelwertbildung der beiden Messwerte, gewonnen. Für eine gewünschte Temperatur  $\theta_3$  wird dann z.B. entweder unter Berücksichtigung der Maschinen- bzw. Produktionsparameter (u.a. Maschinendrehzahl, Umgebungstemperatur und/oder Fluiddurchsatz) wieder auf eine gewünschte Temperatur  $\theta_2$  als Sollwert geregelt, oder aber auf die durch die beiden Messwerte indirekt ermittelte Temperatur  $\theta_3$ . In Fig. 8 befinden sich Zu- und Abfluss des Fluids in bzw. aus dem als Walze 01 oder Zylinder 01 ausgeführten Bauteil 01 auf der selben Stirnseite. Dementsprechend ist die Drehdurchführung hierbei mit zwei Anschlüssen, oder wie dargestellt mit zwei koaxial ineinander und koaxial zur Walze 01 angeordneten Durchführungen, ausgeführt. Die Messstelle M4 ist ebenfalls möglichst nah an der Durchführung angeordnet.

In der vorteilhaften Ausführung der Temperiervorrichtung weist diese auf dem Abschnitt 12.1 zwischen Einspeisestelle 16 und erster Messstelle M1 eine Verwirbelungsstrecke 17, insbesondere eine speziell ausgebildete Verwirbelungskammer 17, auf. Wie oben bereits erwähnt, soll die Messstelle M1 einspeisestellennah angeordnet sein, damit möglichst schnelle Reaktionszeiten im betreffenden Regelkreis mit der Messstelle M1 und dem Stellglied 07 realisierbar sind. Andererseits ist jedoch dicht hinter der Einspeisestelle in der Regel noch kein homogenes Gemisch zwischen eingespeistem und rückgelaufenem Fluid (bzw. im geheiztem/gekühltem Fluid) erreicht, so dass Messwertfehler ein Regeln erschweren und u.U. das Erreichen der letztlich gewünschten Temperatur  $\theta_3$  am Bauteil

01 erheblich verzögern.

Der Einsatz der Verwirbelungsstrecke 17, insbesondere der speziell ausgeführten Verwirbelungskammer 17 gemäß Fig. 9 und 10, gewährleisten in einfacher Weise ein sicheres Durchmischen des Fluids auf kürzester Distanz, so dass die o.g. Bedingung bzgl. der kurzen Laufzeit T1 erfüllbar ist.

Auf kleinstem Bauraum erfolgt zunächst eine erste Querschnittsänderung, wobei sich eine erste Querschnittsfläche A1 sprunghaft mindestens um einen Faktor  $f_1 = 2$  auf eine zweite Querschnittsfläche A2 vergrößert. Im direkten Anschluss erfolgt eine Richtungsänderung von  $70^\circ$  bis  $110^\circ$ , insbesondere abrupt um ca.  $90^\circ$ , worauf sich eine zweite Querschnittsänderung und zwar Verkleinerung von der Querschnittsfläche A2 auf die Querschnittsfläche A3 mit dem Faktor  $f_2$  ( $f_2 < 1$ ) anschließt. Der Faktor  $f_2$  ist vorteilhaft  $f_2 \leq 0,5$  gewählt und ist komplementär zum Faktor  $f_1$  derart gewählt, dass die beiden Querschnittsflächen A1; A3 vor und nach der Verwirbelungskammer 17 im wesentlichen gleich groß sind.

Fig. 9 zeigt eine Ausführung der Verwirbelungskammer 17 mit rohrförmigem Ein- und Auslassbereich 29; 31, wobei nicht dargestellte rohrförmige Leitungen mit Querschnittsfläche A1 hier in zentral angeordnete Öffnungen 32; 33 als Einlass 32 und Auslass 33 münden. Die Stoßlinie 34 der rohrförmigen Ein- und Auslassbereiche 29; 31 bildet keinen Rohrbogen mit stetig verlaufender Krümmung, sondern ist zumindest in einer durch die Flussrichtungen im Einlass- und Auslassbereich gebildete Ebene kantig abgeknickt ausgeführt (siehe Knick 36; 37). Die Öffnungen 32; 33 können in einer Weiterbildung auch nichtzentrisch in den Flächen A2; A3 liegen.

Fig. 10 zeigt ein Ausführungsbeispiel, wobei die Verwirbelungskammer 17 in der Geometrie eines Stoßes zweier kastenförmiger Rohre ausgeführt ist. Hierbei weisen wieder zwei Flächen A2 jeweils die Öffnungen 32; 33 auf. Auch hier ist die

- Richtungsänderung im Bereich des vorhandenen oder „gedachten“ Stoßes 34 von Einlass- und Auslassbereich (scharf)kantig ausgeführt (siehe Knick 36; 37). Die Öffnungen 32; 33 können wieder asymmetrisch in den Flächen A2 angeordnet sein.

Fig. 11 zeigt ein Ausführungsbeispiel, wobei die Verwirbelungskammer 17 in der Geometrie eines Quaders, in spezieller Ausführung wie in Fig. 10 als Quader gleicher Seitenkantenlängen, ausgeführt ist. Hierbei weisen zwei benachbarte Flächen A2 jeweils die Öffnungen 32; 33 auf. Auch hier ist die Richtungsänderung im Bereich des „gedachten“ Stoßes“ (34) von Einlass- und Auslassbereich (scharf)kantig ausgeführt (siehe Knick 36; 37). Auch hier können die Öffnungen 32; 33 wieder asymmetrisch in den Flächen A2 angeordnet sein.

## Bezugszeichenliste

- 01 Bauteil, Walze, Rasterwalze, Zylinder, Formzylinder
- 02 Regelstrecke, Temperierstrecke
- 03 Kreislauf, erster; Sekundärkreislauf
- 04 Kreislauf, zweiter; Primärkreislauf
- 05 Verbindung
- 06 Verbindungsstelle, erste
- 07 Stellglied, Ventil
- 08 Verbindungsstelle, zweite
- 09 Ventil, Differenzdruckventil
- 10 Verbindungsstelle
- 11 Antrieb, Pumpe, Turbine
- 12 Zuflussstrecke
- 12.1 Abschnitt, erster
- 12.2 Abschnitt, zweiter
- 12.3 Abschnitt, dritter
- 13 Rückflussstrecke
- 14 Teilstrecke
- 15 Verbindung
- 16 Einspeisestelle, Einspritzstelle
- 17 Verwirbelungsstrecke, Verwirbelungskammer
- 18 Temperierschrank
- 19 –
- 20 –
- 21 Regeleinrichtung, Regelungsprozess
- 22 Zielort
- 23 Verbindung, lösbar
- 24 Verbindung, lösbar



25	—
26	Leitung, Verrohrung, Schlauch
27	Eintritt, Durchführung, Drehdurchführung
28	—
29	Einlassbereich
30	—
31	Auslassbereich
32	Öffnung, Einlass
33	Öffnung, Auslass
34	Stoßlinie
35	—
36	Knick
37	Knick

A1 bis A3      Flächen, Querschnittsflächen

K1 bis K3      Knoten

K1' bis K2'    Knoten

M1 bis M5    Messstellen

R1 bis R3    Regler

S1 bis S5    Sensoren

$T_{ei}$             Zeitkonstante (Index i bezeichnet den Regelkreis)

$T_{ei}^*$             Parameter, Ersatzzeitkonstante (Index i bezeichnet den Regelkreis)

$T_{ei}^{**}$           Parameter, Ersatzzeitkonstante (Index i bezeichnet den Regelkreis)

$T_{Li}$             Laufzeit, Fluid (Index i bezeichnet den Regelkreis)

$T_{L3}$             Laufzeit, Temperaturantwort am Sensor S3

$T_{Li}^*$             Parameter, Laufzeit (Index i bezeichnet den Regelkreis)

$T_{Li}^{**}$           Parameter, Laufzeit (Index i bezeichnet den Regelkreis)

$T_v$             Temperatur, Vorlauftemperatur

$V_{AB}$	Vorsteuerglied
$V_{NU}$	Vorsteuerglied
$V_{DZ}$	Vorsteuerglied
$V_{(i) VH}$	Vorhaltglied (Index i bezeichnet ggf. den Regelkreis)
$V_{(i) WF}$	Vorsteuerglied (Index i bezeichnet ggf. den Regelkreis)
$V_{(i) LZ}$	Vorsteuerglied (Index i bezeichnet ggf. den Regelkreis)
$n$	Maschinendrehzahl
$d\theta_i$	Größe, Ausgangsgröße
$\Delta\theta_i$	Abweichung
$\theta_i$	Temperatur, Messwert (Index i bezeichnet den Regelkreis)
$\bar{\theta}_3$	Temperatur, Messwert, Ersatztemperatur, Ersatzmesswert
$\theta_{3, \text{soll}}$	Sollwert, dritter Regelkreis
$\theta_{i, \text{soll}, k}$	Sollwert, korrigierter (Index i bezeichnet den Regelkreis)
$\theta'_{i, \text{soll}}$	Sollwert, theoretisch (Index i bezeichnet den Regelkreis)
$\theta'_{i, \text{soll}, n}$	Sollwert (Index i bezeichnet den Regelkreis)
$\Delta$	Stellbefehl
$\Delta p$	Differenz im Druckniveau

## Ansprüche

1. Verfahren zur Temperierung eines Bauteiles (01) einer Maschine mittels einer Regeleinrichtung (21), dadurch gekennzeichnet, dass jeweils ein Messwert ( $\theta_1; \theta_2; \theta_3; \theta_4; \theta_5$ ) einer Temperatur an zwei auf einer Regelstrecke (02) angeordneten, voneinander beabstandeten Messstellen (M1; M2; M3; M4; M5) ermittelt wird, und jeweils einer der Messwerte ( $\theta_1; \theta_2; \theta_3; \theta_4; \theta_5$ ) zwei kaskadenartig miteinander verbundenen Regelkreisen der Regeleinrichtung (21) zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperierung mittels eines Fluids erfolgt, dessen Temperatur an einer Einspeisestelle (16) mittels der Regeleinrichtung (21) eingestellt und welches entlang einer der Einspeisestelle (16) nachgeordneten Zuflussstrecke (12) dem Bauteil (01) zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster der Messwerte ( $\theta_1$ ) einspeisstellennah, und ein zweiter der Messwerte ( $\theta_2; \theta_3; \theta_4$ ) bauteilnah ermittelt wird.
4. Verfahren zur Temperierung eines Bauteiles (01) einer Maschine mittels eines Fluids, dessen Temperatur an einer Einspeisestelle (16) mittels einer Regeleinrichtung (21) eingestellt wird, und welches entlang einer der Einspeisestelle (16) nachgeordneten Zuflussstrecke (12) dem Bauteil (01) zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Weg von der Einspeisestelle (16) bis einschließlich dem Bauteil (01) an mindestens zwei Messstellen (M1; M2; M3) der Regelstrecke (02) jeweils ein Messwert ( $\theta_1; \theta_2; \theta_3$ ) einer Temperatur gemessen und der gemeinsamen Regeleinrichtung (21) zugeführt wird, und dass einer der Messwerte ( $\theta_1$ ) einspeisstellennah, und ein zweiter der Messwerte ( $\theta_2; \theta_3$ ) bauteilnah ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Messwert ( $\theta_1$ ) nach der Einspeisestelle (16), jedoch vor einem das Fluid fördernden Antrieb (11) als Fluidtemperatur gemessen wird.
6. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Messwert ( $\theta_2$ ) als Fluidtemperatur an einer Zuflussstrecke des Fluids zum Bauteil (01) gemessen wird, deren Messstelle (M2) bezüglich einer Laufzeit des Fluids weiter entfernt als auf halber Strecke von der Einspeisestelle (16) bis zum Zielort (22) für die Kühlung angeordnet ist.
7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils einer der Messwerte ( $\theta_1; \theta_2; \theta_3$ ) zwei kaskadenartig miteinander verbundenen Regelkreisen der Regeleinrichtung (21) zugeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein innerer der mindestens zwei Regelkreise mit einem Stellbefehl ( $\Delta$ ) auf ein Stellglied (07) wirkt, und eine Ausgangsgröße ( $d\theta_1$ ) des äußeren der mindestens zwei Regelkreise zur Bildung eines korrigierten Sollwertes ( $\theta_{1,soll,k}$ ) für den inneren Regelkreis herangezogen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung des korrigierten Sollwertes ( $\theta_{1,soll,k}$ ) für zumindest den inneren Regelkreis ein theoretischer Sollwert ( $\theta'_{1,soll}$ ) herangezogen wird, welcher in einem Vorsteuerglied bzgl. des Wärmeflusses  $V_{WF}$  gebildet wird und zu erwartende Wärme- bzw. Kälteverluste auf der Regelstrecke (02) berücksichtigt.
10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung des korrigierten Sollwertes ( $\theta_{1,soll,k}$ ) für zumindest den äußeren Regelkreis eine Vorsteuerung bzgl. der Laufzeit und/oder der Zeitkonstanten ( $V_{LZ}$ ) erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung des korrigierten Sollwertes ( $\theta_{1,soll,k}$ ) für die mindestens zwei Regelkreise eine Vorsteuerung bzgl. einer gezielten Amplitudenüberhöhung mittels eines Vorhaltegliedes ( $V_{VH}$ ) erfolgt.
12. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung des korrigierten Sollwertes ( $\theta_{1,soll,k}$ ) für zumindest den inneren Regelkreis eine Vorsteuerung bzgl. der Maschinendrehzahl ( $V_{DZ}$ ) erfolgt.
13. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung des korrigierten Sollwertes ( $\theta_{1,soll,k}$ ) für zumindest den inneren Regelkreis eine Vorsteuerung bzgl. einer Stellgliedcharakteristik mittels eines Anstiegsbegrenzers ( $V_{AB}$ ) erfolgt.
14. Verfahren nach Anspruch 1 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur an einer ersten, einer zweiten und einer dritten Messstelle (M1; M2; M3; M4) ermittelt wird und jeweils einer von drei kaskadenartig miteinander verbundenen Regelkreisen der Regeleinrichtung (21) zugeführt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 3, 4 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Messwert ( $\theta_2$ ) als Temperatur des Fluids vor Eintritt in das Bauteil (01) ermittelt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur in der Zuflussstrecke (12) des Fluids nach einem das Fluid fördernden Antrieb (11) gemessen wird.
17. Verfahren nach Anspruch 3 und 14, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte

Messwert ( $\theta_3$ ) als Bauteiltemperatur ermittelt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 3 und 14, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Messwert ( $\theta_4$ ) als Temperatur des Fluids unmittelbar nach Austritt aus dem Bauteil (01) ermittelt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid zumindest teilweise in einem ersten Kreislauf umläuft und die Temperierung durch Zudosierung von Fluid aus einem zweiten Kreislauf über das als Ventil (07) ausgebildete Stellmittel (07) erfolgt.
20. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid in einem Kreislauf umläuft und die Temperierung durch ein Heiz- oder Kühlaggregat über das als Leistungssteuerung (07) ausgebildete Stellmittel (07) erfolgt.
21. Regeleinrichtung zur Temperierung eines Bauteiles (01) einer Maschine mittels einer Regeleinrichtung (21), dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (21) mindestens zwei kaskadenartig miteinander verbundene Regelkreise aufweist, welchen jeweils ein Messwert ( $\theta_1; \theta_2; \theta_3; \theta_4; \theta_5$ ) von zwei auf einer Regelstrecke (02) angeordneten, voneinander beabstandeten Messstellen (M1; M2; M3; M4; M5) zugeführt ist.
22. Regeleinrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ausgangssignal des inneren der mindestens zwei Regelkreise als Stellbefehl ( $\Delta$ ) auf ein Stellglied (07), und eine Ausgangsgröße ( $d\theta_1$ ) des äußeren der mindestens zwei Regelkreise auf einen Eingang des inneren Regelkreises geführt ist.
23. Regeleinrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest für den inneren Regelkreis ein Vorsteuerglied ( $V_{WF,i}$ ) vorgesehen ist, mittels welchem in

der Sollwertbildung ein die zu erwartenden Wärme- bzw. Kälteverluste auf der Regelstrecke (02) berücksichtigender theoretischer Sollwert ( $\theta'_{1,\text{soll}}$ ) erzeugbar ist.

24. Regeleinrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest für den äußeren Regelkreis ein Vorsteuerglied ( $V_{LZ}$ ) vorgesehen ist, mittels welchem in der Sollwertbildung eine zu erwartende Laufzeit des Fluids und/oder eine Ersatzzeitkonstante ( $V_{LZ}$ ) berücksichtigbar ist.
25. Regeleinrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass für die mindestens zwei Regelkreise je ein Vorhalteglied ( $V_{VH,i}$ ) vorgesehen ist, mittels welchem in der Sollwertbildung eine gezielte Amplitudenüberhöhung erzeugbar ist.
26. Regeleinrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest für den inneren Regelkreis ein Vorsteuerglied ( $V_{DZ}$ ) vorgesehen ist, mittels welchem in der Sollwertbildung eine Maschinendrehzahl berücksichtigbar ist.
27. Regeleinrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest für den inneren Regelkreis ein Vorsteuerglied ( $V_{AB}$ ) in der Art eines Anstiegsbegrenzers vorgesehen ist, mittels welchem in der Sollwertbildung eine Stellgliedcharakteristik berücksichtigbar ist.
28. Regeleinrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (21) drei kaskadenartig miteinander verbundene Regelkreise aufweist, welchen jeweils ein Messwert ( $\theta_1; \theta_2; \theta_3; \theta_4; \theta_5$ ) von drei auf einer Regelstrecke (02) angeordneten, voneinander beabstandeten Messstellen (M1; M2; M3; M4; M5) zugeführt ist.
29. Regeleinrichtung nach Anspruch 21 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelkreise als PI-Regler ausgeführte Regler (R1; R2; R3) aufweisen.

30. Regeleinrichtung nach Anspruch 21 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Regelkreise einen als laufzeitbasierten Regler ausgeführten Regler (R1; R2; R3) aufweist.
31. Vorrichtung zur Temperierung eines Bauteiles (01) einer Maschine mittels eines Fluids, dessen Temperatur an einer Einspeisestelle (16) veränderbar ist, und welches entlang einer der Einspeisestelle (16) nachgeordneten Zuflussstrecke (12) dem Bauteil (01) zuführbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Weg von der Einspeisestelle (16) bis einschließlich dem Bauteil (01) mindesten zwei Messstellen (M1; M2; M3) angeordnet sind, und dass eine erste der Messstellen (M1) einspeisstellennah, und eine zweite der Messstellen (M2; M3) bauteilnah angeordnet ist.
32. Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Messstelle (M1) nach der Einspeisestelle (16), jedoch vor einem das Fluid fördernden Antrieb (11) angeordnet ist.
33. Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Messstelle (M2) zwischen einem das Fluid fördernden Antrieb (11) und einem Zielort (22) für die Kühlung angeordnet ist.
34. Vorrichtung nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Messstelle (M2) in der Zuflussstrecke (12) vor Eintritt des Fluids in das Bauteil (01) angeordnet ist.
35. Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass Messwerte ( $\theta_1$ ;  $\theta_2$ ;  $\theta_3$ ) der beiden Messstellen (M1; M2) einer gemeinsamen Regeleinrichtung (21) zugeführt sind.



36. Vorrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (21) gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 18 bis 25 ausgeführt ist.
37. Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Messstelle (M1) bezüglich einer Laufzeit des Fluids maximal 2 Sekunden von der Einspeisstelle (16) entfernt angeordnet ist.
38. Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Messstelle (M2) bezüglich einer Laufzeit des Fluids weiter entfernt als auf halber Strecke von der Einspeisstelle (16) bis zum Zielort (22) angeordnet ist.
39. Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass eine dritte Messstelle (M3) zur Ermittlung der Bauteiltemperatur vorgesehen ist, deren Messwert einer Regeleinrichtung (21) gemäß Anspruch 25 zugeführt wird.
40. Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Messstelle (M1) zwischen der Einspeisstelle (16) und einer Pumpe (17) angeordnet ist.
41. Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Einspeisstelle (16) und erster Messstelle (M1) eine Verwirbelungskammer (17) angeordnet ist.
42. Verfahren zur Temperierung nach Anspruch 1 oder 4, Regeleinrichtung nach Anspruch 21 oder Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (01) als Walze (01) oder Zylinder (01) einer Druckmaschine ausgeführt ist.
43. Verfahren zur Temperierung nach Anspruch 1 oder 4, Regeleinrichtung nach

Anspruch 21 oder Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (01) als Walze (01) oder Zylinder (01) eines feuchtmittelfreien Offsetdruckwerkes ausgeführt ist.

10/539555

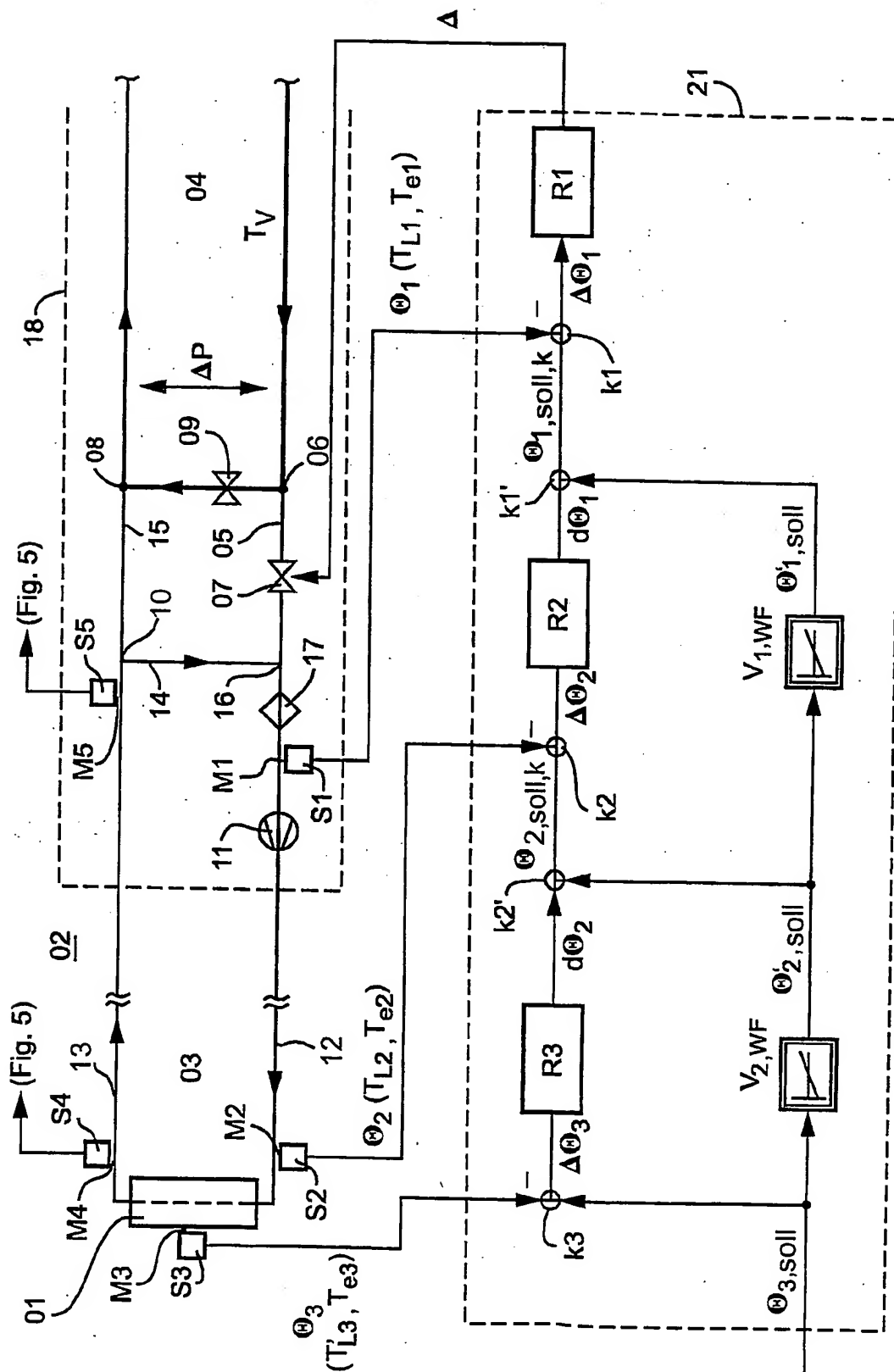
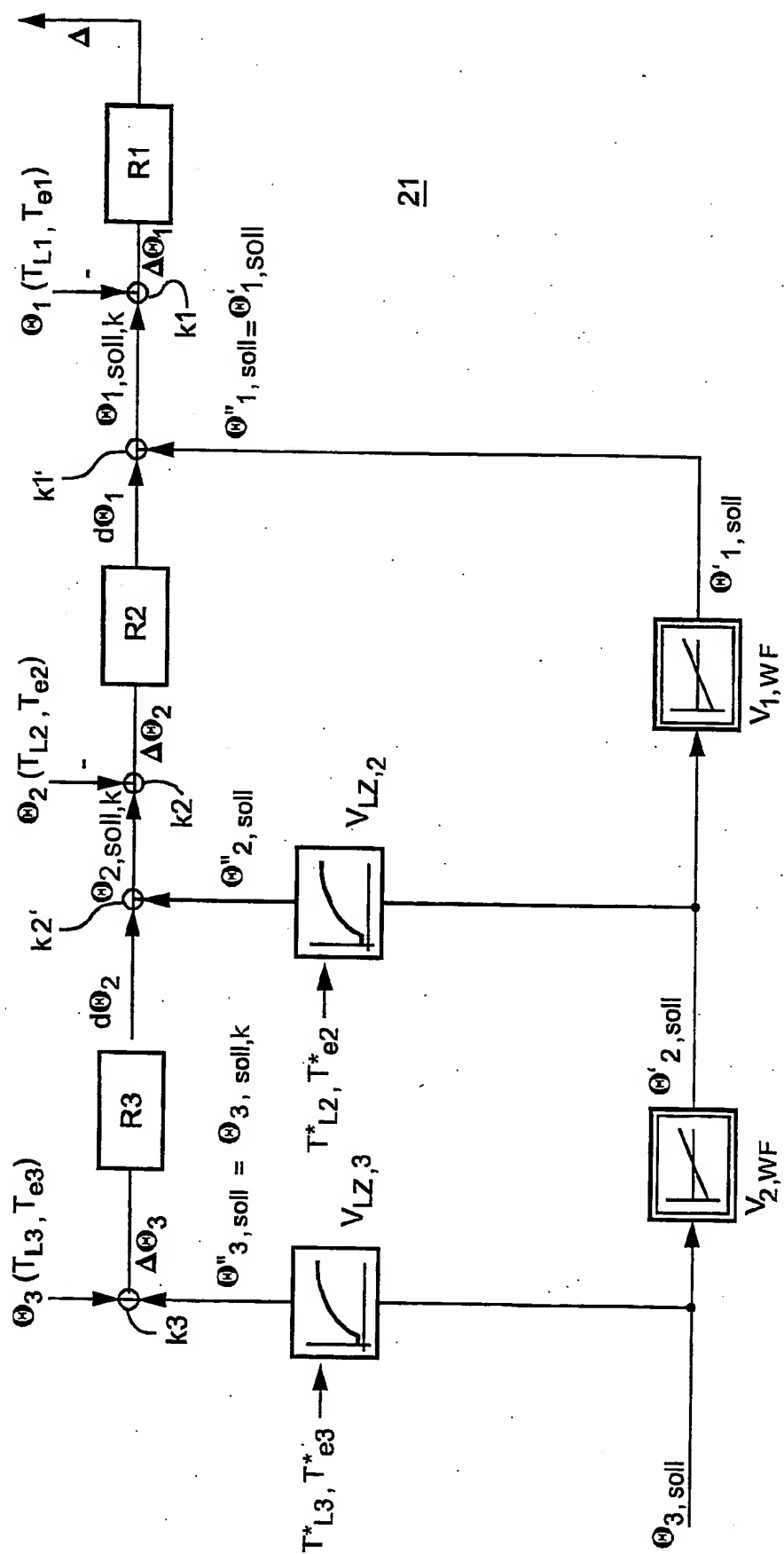


Fig. 1

10/539555

2/8

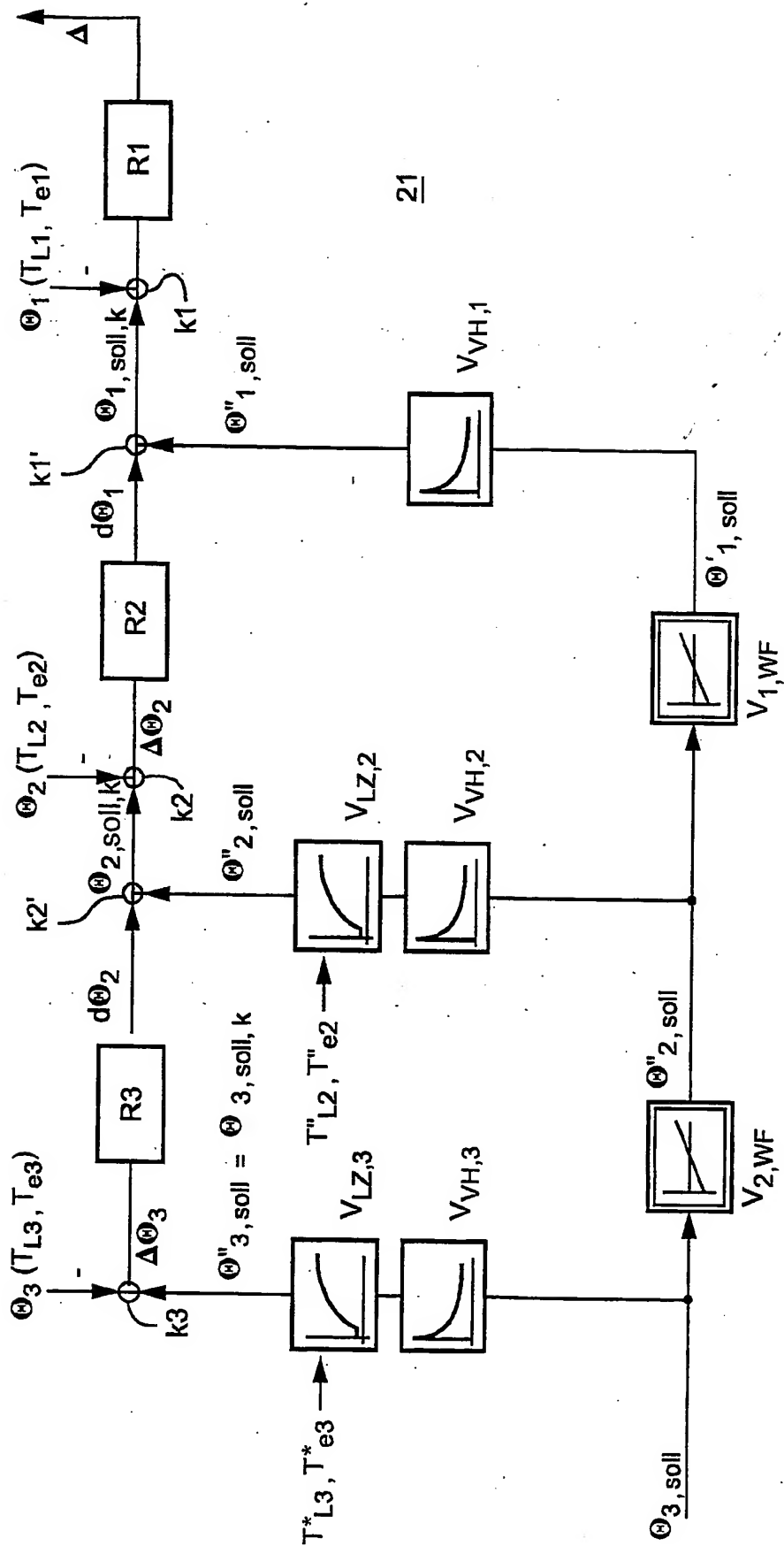
Fig. 2



21

10/539555

Fig. 3



10/539555

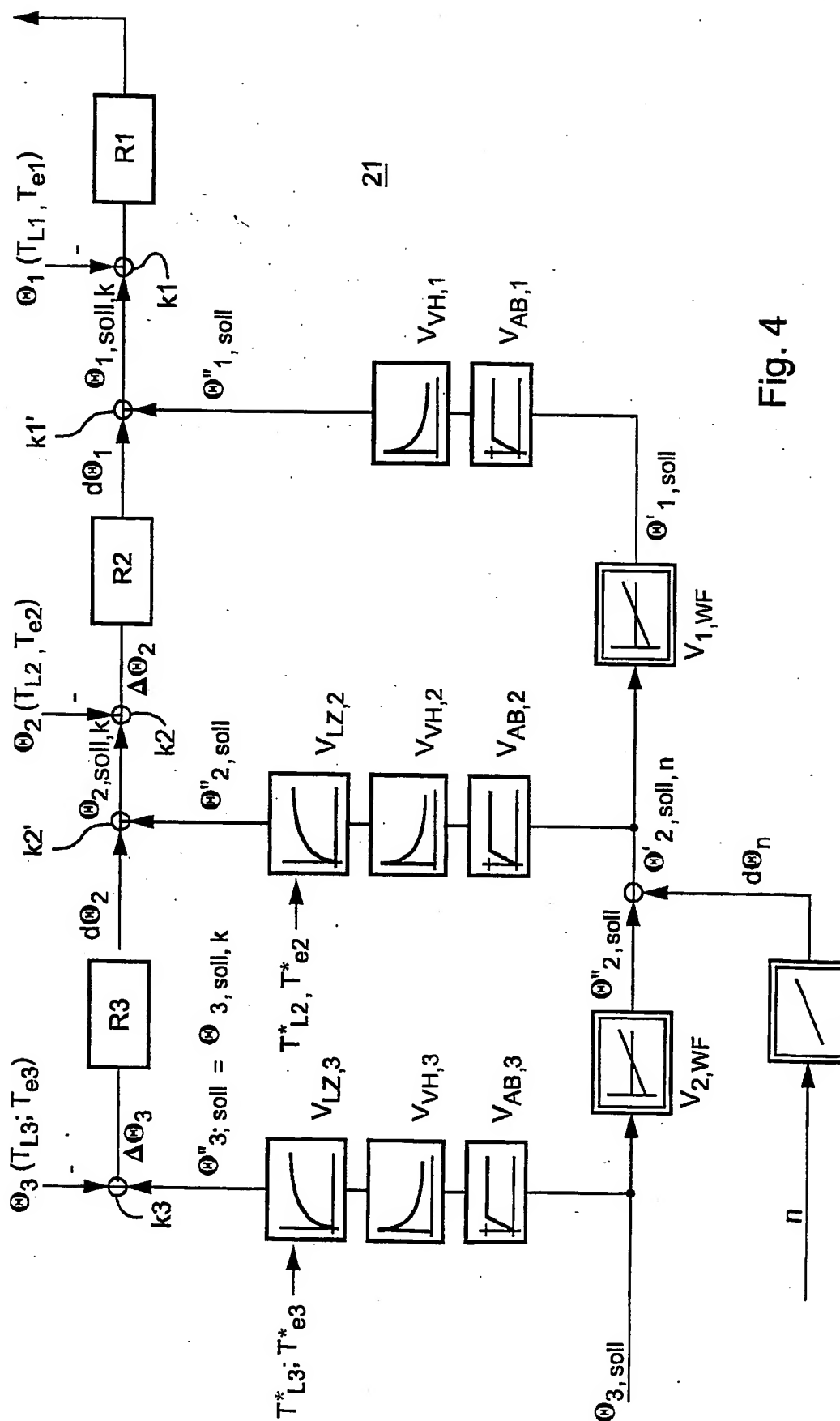


Fig. 4

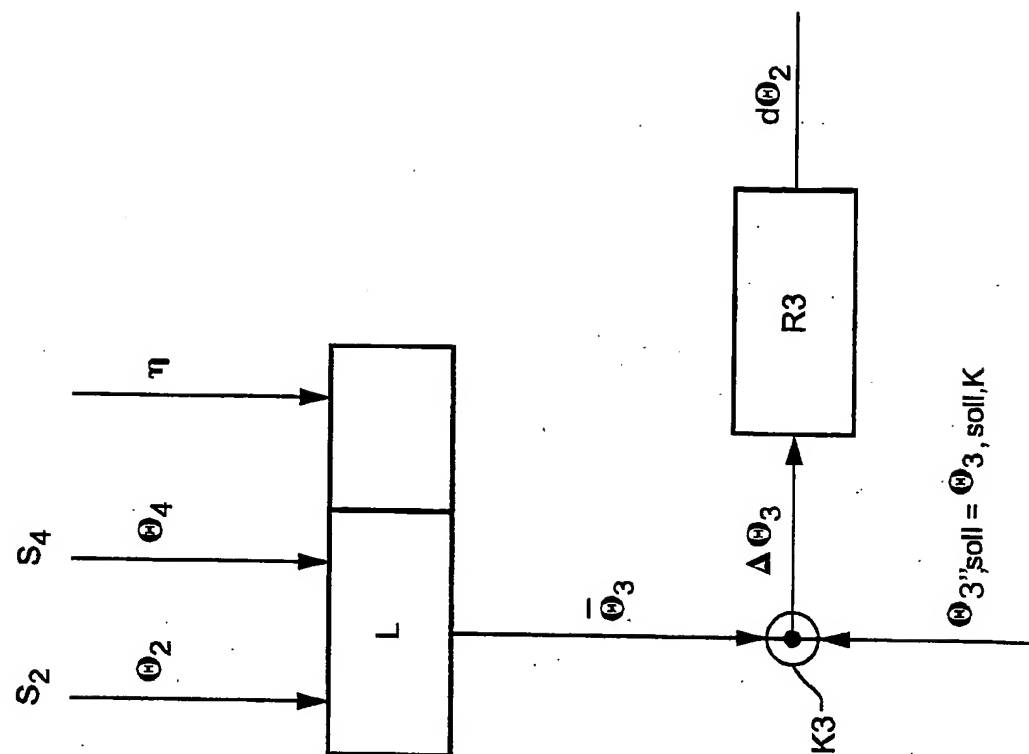


Fig. 5

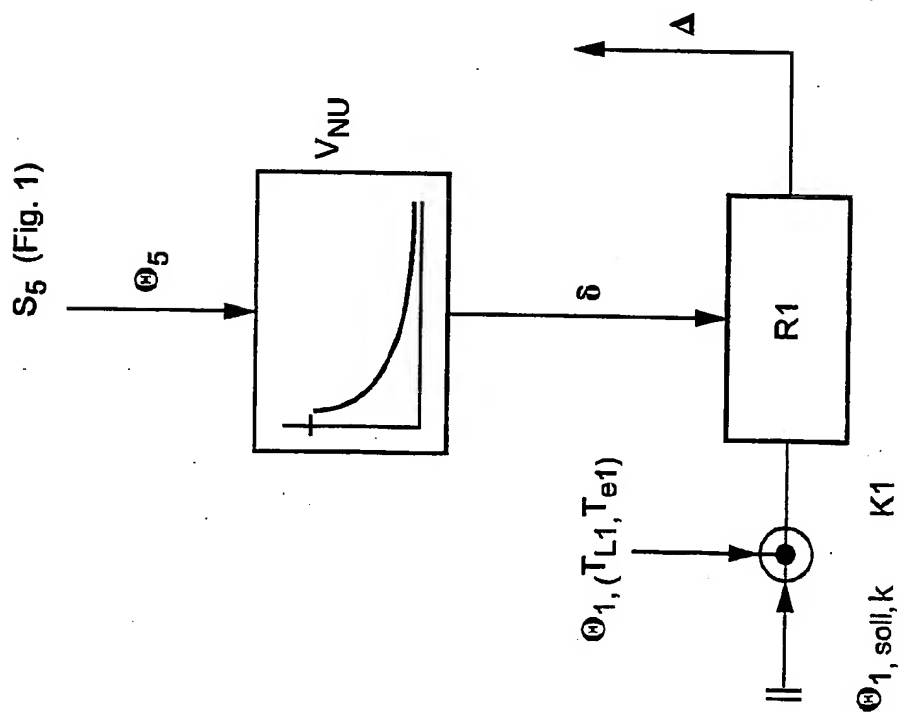


Fig. 6

R2, R3

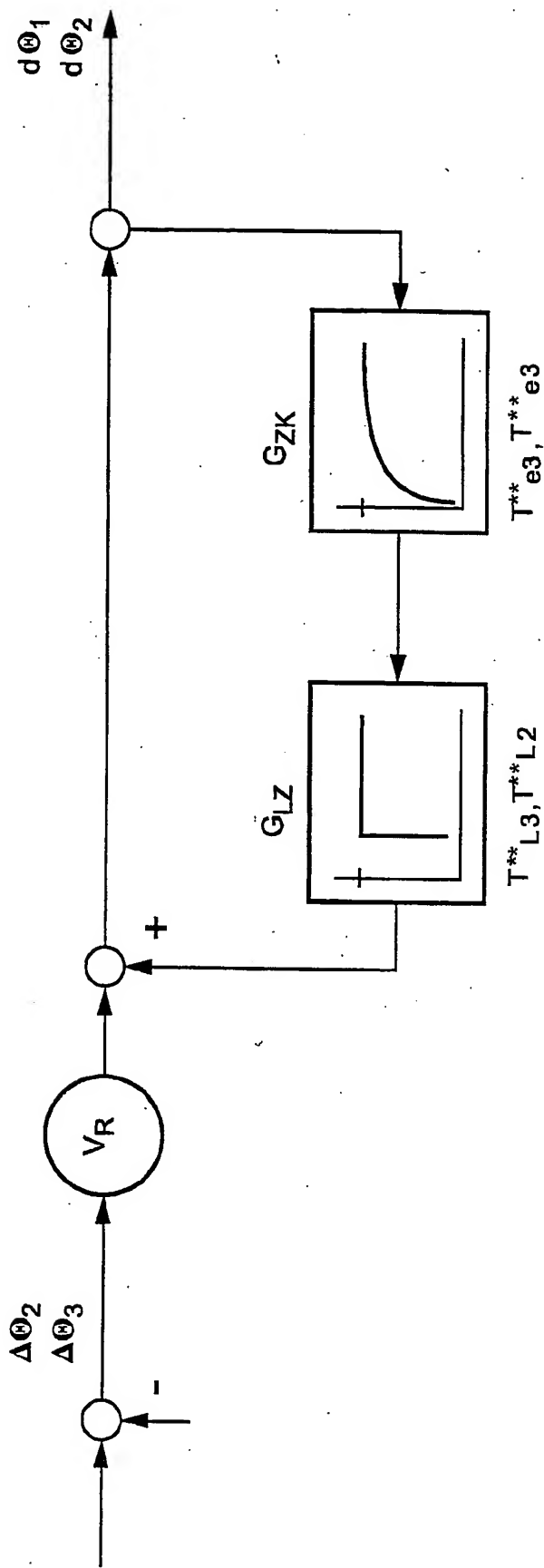


Fig. 7



10/539555

7/8

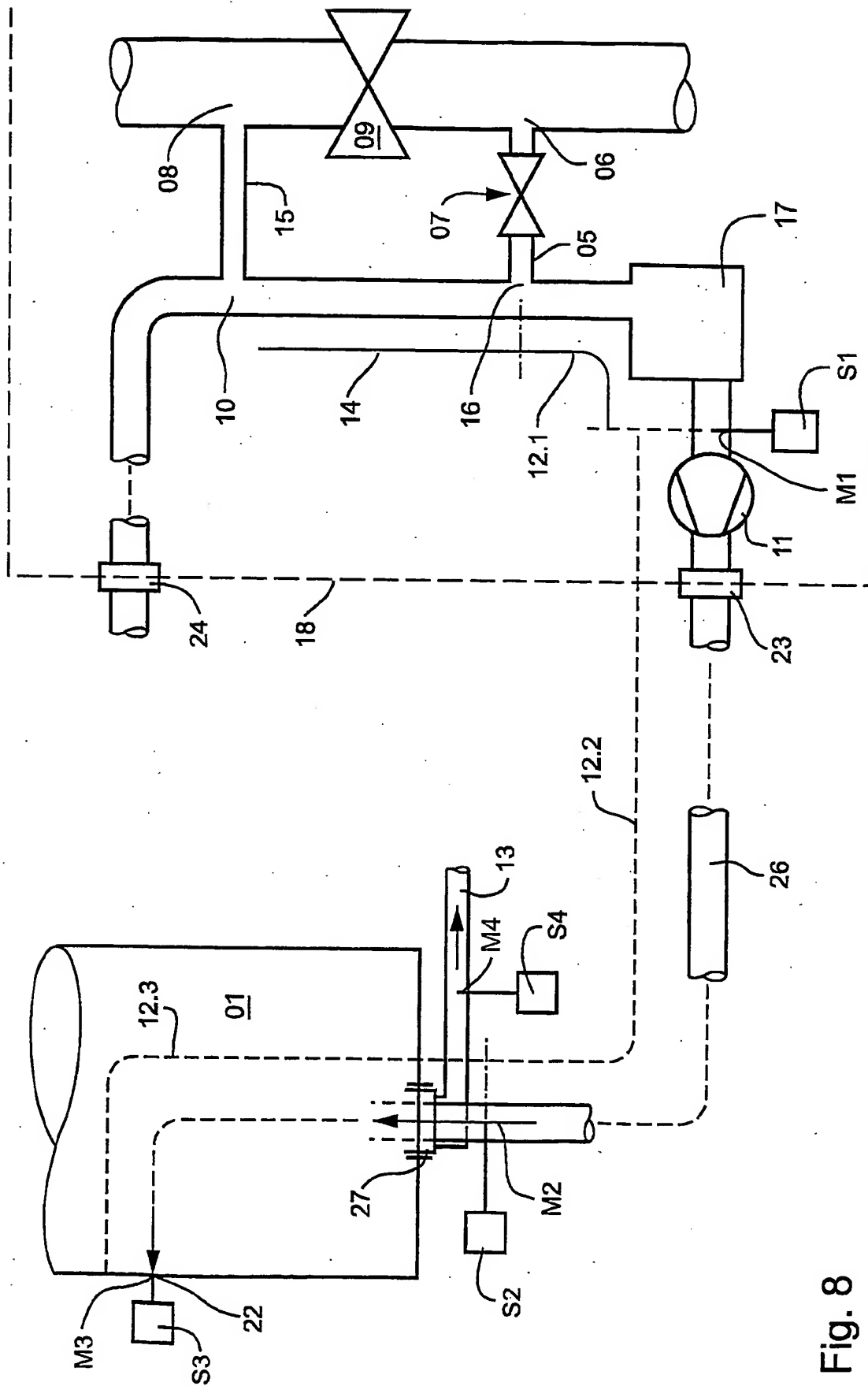


Fig. 8

10/539555

8/8

Fig. 9

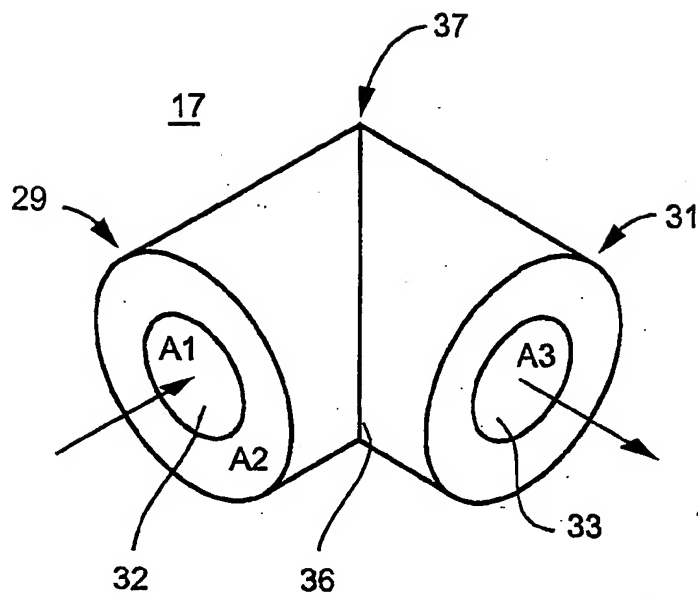


Fig. 10

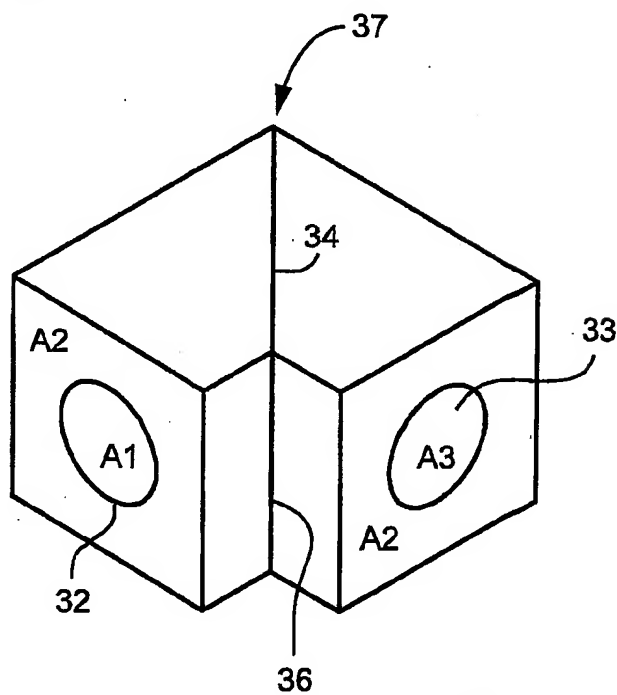
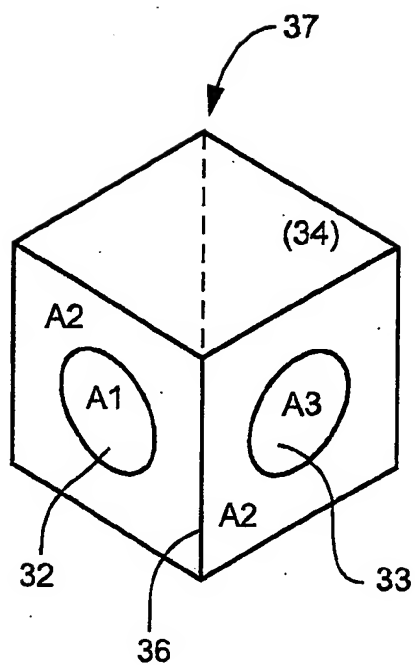


Fig. 11



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT 03/04098

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 B41F13/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B41F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 289 984 B1 (BALDWIN GRAFOTEC) 18 September 2001 (2001-09-18) the whole document	1, 4, 21, 31
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 326 (M-441), 21 December 1985 (1985-12-21) & JP 60 161152 A (TOPPAN INSATSU KK), 22 August 1985 (1985-08-22) abstract	1, 4, 21, 31

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*C\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 April 2004

Date of mailing of the international search report

07/05/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Loncke, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/03/04098

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6289984	B1	18-09-2001	DE 19857107 A1 15-06-2000
			CN 1257005 A 21-06-2000
			DE 59903964 D1 13-02-2003
			EP 1008448 A1 14-06-2000
			JP 3117689 B2 18-12-2000
			JP 2000168038 A 20-06-2000
JP 60161152	A	22-08-1985	NONE

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/ 3/04098

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 B41F13/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 B41F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 289 984 B1 (BALDWIN GRAFOTEC) 18. September 2001 (2001-09-18) das ganze Dokument	1, 4, 21, 31
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 326 (M-441), 21. Dezember 1985 (1985-12-21) & JP 60 161152 A (TOPPAN INSATSU KK), 22. August 1985 (1985-08-22) Zusammenfassung	1, 4, 21, 31

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\* & \* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. April 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/05/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Loncke, J

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT I

Angaben zu Veröffentlichung

die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/04098

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6289984	B1 18-09-2001	DE 19857107 A1	15-06-2000
		CN 1257005 A	21-06-2000
		DE 59903964 D1	13-02-2003
		EP 1008448 A1	14-06-2000
		JP 3117689 B2	18-12-2000
		JP 2000168038 A	20-06-2000
JP 60161152	A 22-08-1985	KEINE	